

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra měřicí a řídicí techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Řízení světelného rotujícího panelu rovnoběžného s osou otáčení.
Control of light rotating panel parallel to axis of rotation.

2009

Richard Vašut

Zadání bakalářské práce

Student: Richard Vašut
Studijní program: B2645 Elektrotechnika, sdělovací a výpočetní technika
Studijní obor: 2612R041 Řídicí a informační systémy
Téma: Řízení světelného rotujícího panelu rovnoběžného s osou otáčení
Control of light rotating panel parallel to axis of rotation

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení s principem tvorby dynamických světelných obrazců
2. Návrh a realizace světelného rotujícího panelu s LED diodami rovnoběžnými s osou otáčení
3. Realizace programu pro zobrazení textu a bitmapy
4. Realizace software pro nastavení panelu pomocí osobního počítače
5. Návrh bezdrátového propojení osobního počítače a světelného panelu
6. Zhodnocení dosažených výsledků

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Pírk J.: Řešené příklady v C#. KOPP, České Budějovice 2005. ISBN 80-7232-265-6
- [2] Virius M.: C# Hotová řešení. Computer Press, Praha 2006. ISBN 80-251-1084-2
- [3] Vít V.: Televizní technika 4a. BEN - technická literatura, Praha 2002. ISBN 80-86056-74-0
- [4] Morrov R.: Bluetooth: Operation and Use. McGraw-Hill Professional, 2002. ISBN-10:007138779X

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdenek Slanina, Ph.D.

Datum zadání: 30.11.2008

Datum odevzdání: 07.05.2009

prof. Ing. Vilém Srovnal, CSc.

vedoucí katedry

prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.

děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě

Podpis

Poděkování

Za cenné informace a připomínky k práci, chci tímto poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Zdeňkovi Slaninovi, Ph.D., panu Ing. Vladimíru Kašíkovi, Ph.D. a Ing. Michalu Jahelkovi, Ph.D. Dále svému dlouholetému kamarádovi, Jakubovi Kvapilovi, který mi taktéž poskytl vděčné rady. A své rodině za podporu při studiu.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá řízením světelného rotujícího panelu rovnoběžného s osou otáčení. Jsou navrženy a zrealizovány tři desky. Třetí deska je však kolmo spojena s hlavní deskou. První dvě desky obsahují tyto mikroprocesory, PIC16F627 a PIC18F242. Programy do těchto zařízení jsou napsány v programovacím jazyce C. Na první desce je zrealizováno řízení otáček motoru pomocí PWM modulace. Druhá deska zajišťuje vykreslování obrazců a stará se o příchozí data z počítače. V počítači je vytvořena aplikace pro přenos textu a obrázku po sériové lince do zařízení.

Abstract

The bachelor work realizes control of rotating light panel, which rotates parallel to axis of station. There are designed and realized three print circuit boards. First two boards have these microprocessors, PIC16F627 and PIC18F242. Programs in these devices are written in programming language C. On the first board the control speed of motor is realized by PWM modulation. Second board provides drawing of images and it controls receiving data by computer. There is an application for text and images transfer through the serial port by the computer to the realized device. Third board is vertically joined with main board.

Klíčová slova

Bluetooth, EEPROM, fototranzistor, infra-diody, LED diody, mikroprocesor, PIC16F627, PIC18F242, PWM modulace, sériová port, WIFI

Key Words

Bluetooth, EEPROM, phototransistor, infra-diode, LED diode, microcontroller, PIC16F627, PIC18F242, PWM modulation, serial port, WIFI

Seznam použitých symbolů a zkratk

ADCON1	-	A/D Control Register1 – A/D kontrolní registr
CCPR1L	-	Capture/Compare/PWM Register1 (LSB) - Zachycení/Porovnání/PWM registr (LSB) Nejméně významný bit
CCPR1H	-	Capture/Compare/PWM Register1 (MSB) – Zachycení/Porovnání/PWM registr (MSB) Nejvyšší hodnota bitu
CCP1CON	-	(CCP) Modules - (CCP) Moduly
CFGS	-	FLASH Program/Data EE or Configuration Select bit – Přístup k FLASH, EE DATA nebo konfiguračnímu registru
CPU	-	Central Processor Unit – Centrální procesorová jednotka
CREN	-	Continuous Receive Enable bit – Spojitý přijímací povolovací bit
EEADR	-	Address register – Registr adres
EEDATA	-	Data register – Registr dat
EEIF	-	Interrupt flag bit – Příznak po zápisu do EEDATA
EEPGD	-	FLASH Program or Data EEPROM Memory Select bit – Přístup do FLASH nebo EEPROM paměti
EEPROM	-	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory – Elektricky mazatelná a programovatelná paměť typu ROM
GIE	-	Global Interrupt Enable bit – Povolení globálního přerušení
INTEDG0	-	Interrupt on rising edge – Přerušení při náběžné hraně
INT0IE	-	INT0 External Interrupt Enable bit – INT0 povolení externího přerušení
LED	-	Light Emitted Diode – Dioda vyzařující světlo
MAX232	-	Converter- Převodník
MCLR	-	Master Clear (Reset) input
MIPS	-	Milion instruction per second
MOSFET	-	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
OSC1	-	Oscillator crystal input
OSC2	-	Oscillator crystal input
PORTA	-	bi-directional port – vstupně / výstupní port

PORTB	-	bi-directional port – vstupně / výstupní port
PORTC	-	bi-directional port – vstupně / výstupní port
PEIE	-	Peripheral Interrupt Enable bit – Povolení periferního přerušení
RCREG	-	USART receive buffer- Zásobní přijímače sériové linky
PR2	-	Period register- Registr periody
RD	-	Read Control bit – Čtení kontrolního bitu
PWM	-	Pulse Width Modulation - Pulsně šířková modulace
RCIE	-	USART Receive Interrupt Enable bit – USART povolení přijímacího přerušení
RCIF	-	USART Receive Interrupt Flag bit – Příznak přerušení při příjmu
RS232	-	Seriál port- Sériový port
SPBRG	-	Baud Rate Generator Register
SPEN	-	Serial Port Enable bit
SYNC	-	Asynchronous mode
TMR2	-	Timer2-Časovač2
TXEN	-	Transmit Enable bit – Povolení vysílání
TXIE	-	USART Transmit Interrupt Enable bit – USART povolení přerušení při vysílání
USART	-	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter- Univerzální synchronní asynchronní přijímač vysílač
UV světlo	-	X-Ray-Ultravioletové záření
Vcc	-	Napájení [V]
WREN	-	Data EE Write Enable bit – povolení zápisu do EEDATA
WR	-	Write Control bit – kontrolní zapisovací bit
bps	-	Bit per second – bit za sekundu
r	-	poloměr [m]
s	-	obvodová dráha [m]
t	-	čas[s]
v	-	obvodová rychlost [m/s]
ω	-	úhlová rychlost [rad/s]
φ	-	úhlová dráha [rad]

OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Princip tvorby dynamických světelných obrazců.....	2
3. Návrh a realizace světelného rotujícího panelu s LED diodami rovnoběžnými s osou otáčení..	5
3.1 Návrh hardwarové části.....	5
3.1.1 Deska zajišťující otáčky motoru.....	5
3.1.2 Hlavní deska.....	7
3.2 Realizace hardwarové části.....	10
3.2.1 Řízení otáček motoru.....	10
3.2.2 Řídicí deska	11
4. Realizace programu pro zobrazení textu a bitmapy.....	13
4.1 Programování.....	13
4.2 Program pro vedlejší desku a problematika PWM.....	13
4.2.1 PWM.....	13
4.2.2 Programování vedlejší desky.....	14
4.3 Řídicí deska.....	15
4.3.1 Program řídicí desky.....	15
5. Software pro nastavení panelu pomocí osobního počítače	21
6. Návrh bezdrátového propojení osobního počítače a světelného panelu	23
6.1 Bezdrátová RS232 Bluetooth náhrada sériového kabelu.....	23
6.2 Bezdrátová RS232 WiFi náhrada sériového kabelu.....	24
7. Závěr a zhodnocení dosažených výsledků.....	25
8. Literatura.....	27
9. Přílohy.....	28

1. ÚVOD

Existuje mnoho druhů statických displejů, které mohou sloužit jako proměnné informační cedule nebo například světelné reklamy. Nevýhoda těchto zařízení je velký počet LED diod. Podle typu se odvíjí cena LED diod, která se liší řádově o desítky korun za kus. Důvod pořízení takového zařízení, pak značně závisí na pořizovací ceně kompletního zařízení.

Náhradou tomuto zařízení může být zobrazovací systém, který rotuje na motoru a má pouze jednu řadu LED diod. Tím dochází ke snížení celkové ceny a zařízení se stává dostupnější. Existují zde také nedostatky, které spočívají v použití mechanických částí, kterým je motor. Ten se stářím degraduje a postupně přestane fungovat. Další zápornou vlastností je hlučnost, která se dá do určité míry potlačit.

Cílem bakalářské práce je realizovat zařízení světelného rotujícího panelu rovnoběžného s osou otáčení. Toto zařízení může sloužit jako informační panel. Obsluha, po použití bezdrátového propojení, může jednoduše měnit zobrazované informace. V případě, kdy není bezdrátové připojení, musí obsluha motor vypnout, připojit ke kabelu a nahrát data.

V druhé kapitole je rozebrán princip tvorby dynamických světelných obrazců pomocí rovnoměrného pohybu po kružnici. Dále jsou zde zmíněné síly, které na těleso působí při otáčení.

Třetí kapitola se zabývá realizací a návrhy desek pro celý systém, konkrétně jde o vedlejší desku, kde je zajištěno řízení otáček motoru a hlavní desku, která zajišťuje vykreslování.

Ve čtvrté kapitole je popsán program pro mikroprocesor, ve kterém se zajišťuje vykreslování obrazců. Kapitola popisuje základní nastavení mikroprocesoru, které se týká jednotlivých přerušení, zobrazovaných dat, čtení a zápisu do paměti EEPROM.

Pátá kapitola je věnována realizaci aplikace, která je vytvořena v počítači. Zde se popisuje odesílání dat. Konkrétně použitá řešení, nastavení a převody textu na obrázky pro jednoduché posílání.

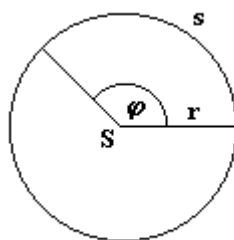
Kapitola šest popisuje návrh bezdrátového propojení, možné způsoby a konfigurace propojení pomocí Bluetooth a WIFI modulů.

2. Seznámení s principem tvorby dynamických světelných obrazců

Princip tvorby dynamicky se zobrazujících světelných obrazců je možné popsat mechanickým pohybem. Ve fyzice je označován tento pohyb změnou polohy tělesa, vzhledem k jinému tělesu, za určitý časový interval.

Rovnoměrný pohyb po kružnici je tedy dobrou alternativou popsání tohoto principu vykreslování. Rovnoměrný pohyb po kružnici je pohyb, při kterém je trajektorie kružnice a velikost rychlosti se nemění. Z těchto informací vychází i konstrukce a návrh světelného rotujícího panelu.

Realizované těleso je relativně dobře vyváжено, to znamená, že odstředivá síla a dostředivá síla pohybujícího tělesa se přibližně rovnají.



azimut

s ...obvodová dráha

φ ... úhlová dráha

r ... poloměr

Obr.1: Zobrazení pohybu po kružnici

Rozběh otáček řídicí jednotky se uskutečňuje po křivce, která je značně závislá na čase. Při zapnutí aplikace se motor rozbíhá po určitou dobu. Zde pozorujeme, že obrazec se začíná roztahovat (zvyšují se otáčky - roztahuje se text). Po ustálení otáček zůstává obraz na svém místě. Tyto otáčky jsou potom základním údajem, se kterým můžeme pracovat. Stabilita vykreslování je zajištěna synchronizací, která je aktivována po každé otočce motorku. Zbytek času, kdy se rameno otočí zpět do výchozí pozice, už není zajímavý.

Když se tedy zobrazí příznak, dojde k vykreslení prvního řádku, poté nastane prodleva, která určuje délku mezi řádky. Po vykreslení posledního sloupce se diody zhasnou. To stejné lze pozorovat i při vypnutí desky, která rozsvěcuje indikační LED diodu. Prodleva mezi řádky je nastavena experimentálně. Zde bylo vyzkoušeno, jak se větší, či menší prodlevy projevují. Při delší prodlevě je celkový text roztažený. Zapříčiňuje to delší čas zapnutých LED diod. Při menším čase nastane opak.

Dráha při rovnoměrném pohybu po kružnici:

Obvodová dráha s je vzdálenost, kterou urazí těleso během pohybu po obvodu kružnice.

$$s = v \cdot t \quad (1)$$

Kde

v ...obvodová rychlost [m/s]

t je čas [s]

sobvodová dráha [m]

Úhlová dráha φ je úhel, který urazí průvodič tělesa během pohybu.

$$\varphi = \omega \cdot t \quad (2)$$

Kde

ω ... úhlová rychlost [rad/s]

t čas [s]

φúhlová dráha [rad]

Mezi úhlovou dráhou a obvodovou dráhou je vztah:

$$\varphi = \frac{s}{r} \quad (3)$$

Kde

r ... poloměr kružnice [m]

s ... obvodová dráha [m]

φ ...úhlová dráha [rad]

Rychlost při rovnoměrném pohybu po kružnici:

Obvodová rychlost v je rychlost pohybu po obvodu kružnice.

$$v = konst.$$

$$v = \frac{s}{t} \quad (4)$$

Kde

s ... obvodová dráha [m]

t čas [s]

v ...obvodová rychlost [m/s]

Úhlová rychlost ω je rychlost průvodiče tělesa

$$\begin{aligned}\omega &= \text{konst.} \\ \omega &= \frac{\varphi}{t}\end{aligned}\quad (5)$$

Kde

φ je úhlová dráha [rad]

t je čas [s]

ω ...úhlová rychlost [rad/s]

Vztah mezi úhlovou rychlostí a obvodovou rychlostí:

$$\omega = \frac{v}{r}\quad (6)$$

Kde

r ...poloměr kružnice[m]

v ...obvodová rychlost [m/s]

ω ...úhlová rychlost [rad/s]

Délka rotujícího ramene je dlouhá 95mm, otáčky motorku při plném napětí jsou 1200 ot/min. PWM není nastavena v programu na plný výkon, proto je počítáno s otáčkami někde okolo 1000 ot/min. Tyto hodnoty jsou vypočteny pro

$$r=95\text{mm}$$

$$s=2\pi r=596.9\text{ mm}$$

$$\varphi = \frac{s}{r} = \frac{596.9}{95} = 6.2832\text{ [rad]}\quad (3)$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi * \frac{1000}{60} = 104.7\text{ [rad} * \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = 0.06\text{ [s]}\quad (5)$$

Důležitým aspektem jsou relativně stabilní a rychlé otáčky, programově ošetřená synchronizace a vykreslování jednotlivých bodů v prostoru. Po splnění těchto podmínek nedochází k chybám vykreslování a obraz se pro lidské oko stává stabilním. V tomhle případě, i kdyby se motor plnou rychlostí roztočil (1200 ot/min), dosahovala by frekvence 20Hz. Hranice, která by vyřešila neblíkání, je však kolem 25Hz.

3. Návrh a realizace světelného rotujícího panelu s LED diodami rovnoběžnými s osou otáčení

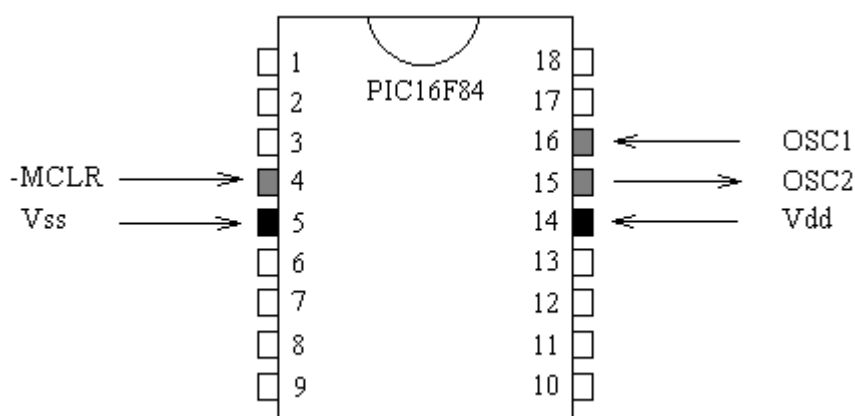
3.1 Návrh hardwarové části

Návrh všech schémat a plošných spojů bylo provedeno v programu EAGLE. V návrhu je nutno se držet těchto důležitých zásad:

- nejtenčí cesta 0,4mm - výjimečně 0,25mm (rámeček a text je taky cesta),
- minimální izolační mezera je 0,25mm (mezera mezi cestami),
- maximálně rozlitá plocha, resp. rozlitá zem.

Jednotlivé prvky v knihovně je nutné upravit, protože jsou v základu nastaveny na hodně malé rozměry. Jedná se o jednotlivé rezistory, propojovací cesty a podobně. Při pájení se stává, že vyleptané cestičky mají tendenci po prohřátí pájkou se odlupovat. Následně se deska degraduje.

Další důležitou věcí je propojení základních částí mikroprocesoru s okolím. Pro všechny druhy mikroprocesoru řady PIC16 a PIC18, je základní propojení stejné.



Obr.2: základní propojení pinů [1]

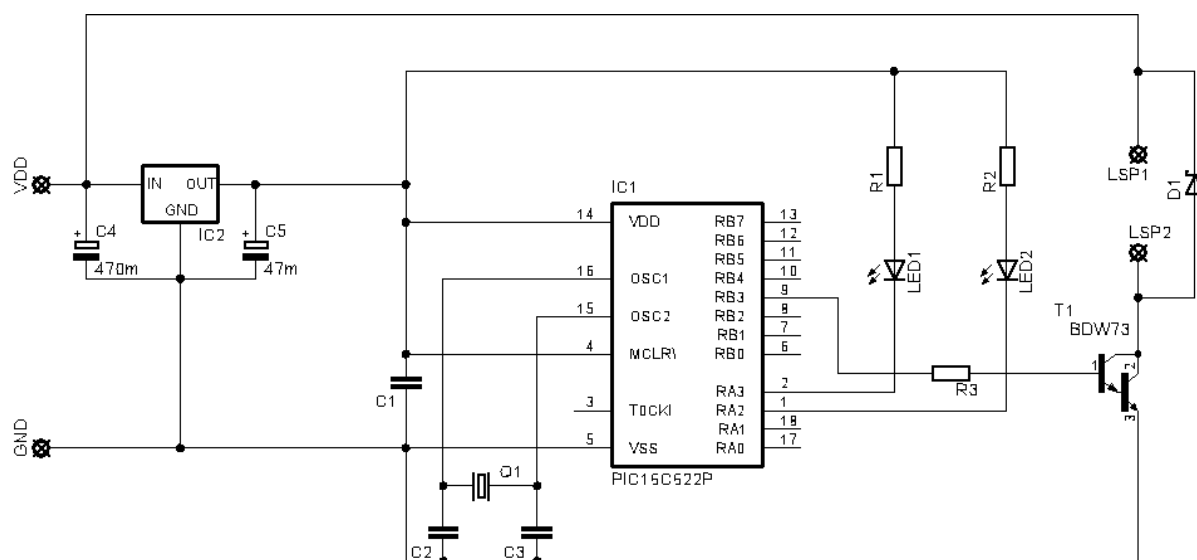
3.1.1 Deska zajišťující otáčky motoru

Na začátku byl zvolen mikroprocesor typu PIC12F683. Je to malý mikroprocesor, obsahuje PWM modul, který by vyhovoval. Tento typ avšak nebyl pořízen z důvodu nedostupnosti. Proto byl zvolen PIC16F627, který má stejné vlastnosti a disponuje větším počtem pinů (celkem 16 pinů).

Nepoužité piny jsou uzemněny. V tabulce jsou uvedeny základní informace o tomto mikroprocesoru. Schéma, podle kterého je zajištěno otáčení pohonné jednotky, je nakresleno níže.

Parametry	Hodnoty
CPU rychlost (MIPS)	5
RAM	224
Data EEPROM (Bajt)	128
Digitální komunikační rozhraní	1-A/E/USART,
Časovače	2 x 8-bit, 1 x 16-bit
Komparátory	2
Teplotní rozsah	-40 to 85
Rozsah napětí	3 to 5.5
Počet pinů	18

Tab.1: Základní parametry mikroprocesoru PIC16F627 [7]



Obr.3: Deska zajišťující otáčky motoru

Mikroprocesor je napájený ze stabilizátoru. Je použit obvod 7805, který zajišťuje 5V. Na něj jsou navázány kondenzátory C4 a C5. C1 je kondenzátor o velikosti 100nF, který vyhlazuje toto napájení. Dále je zde krystal, který určuje frekvenci mikroprocesoru. Ke krystalu jsou připojeny kondenzátory C2 a C3 na GND. Informační zelená LED dioda je připojena na pin RA3 a infra vysílací dioda na pin RA2. Obvyčejná LED dioda signalizuje funkčnost obvodu. Infra dioda funguje společně s přijímací diodou jako přerušení, od kterého se odvíjí vykreslování obrazců. Obě LED diody jsou rozsvěcovány k log. „0“.

3.1.2 Hlavní deska

Při návrhu tohoto obvodu bylo třeba takového mikroprocesoru, který má určitý počet I/O vstupů a splňuje následující kritéria:

- jeden vstup pro přerušení,
- dva vstupy pro sériovou komunikaci s pamětí,
- jeden vstup zajišťující přenos dat z počítače do mikroprocesoru,
- zbývající vstupy pro zobrazování,
- pořizovací cena, která se pohybuje relativně nízko.

Použití mikroprocesoru typu PIC18F242 [8], splňovalo všechny výše popsané požadavky. Na LED diody zbylo 18 výstupů.

Parametry	Hodnoty
CPU rychlost (MIPS)	10
RAM	768
Data EEPROM (Bajt)	256
Digitální komunikační rozhraní	1-A/E/USART, 1-MSSP(SPI/I2C)
Časovače	1 x 8-bit, 3 x 16-bit
A/D převodníky	5 ch, 12-bit
Teplotní rozsah (C)	-40 to 125
Napěťový rozsah (V)	2 to 5.5
Počet pinů	28

Tab.2: Základní parametry mikroprocesoru PIC18F242 [8]

Na další desce, která je spojena kolmo s hlavní deskou, jsou zobrazovací nízkonapěťové LED diody (o velikosti 5 mm) s předřadnými rezistory o velikosti 1,5 kΩ. Nízkonapěťové LED diody jsou zvoleny z důvodu ochrany vstupu mikroprocesoru, který má omezený vstupní proud. PORTA a PORTB jsou totiž dohromady dimenzovány na max. proud 200 mA, PORTC je dimenzován taktéž na 200 mA. Další výhodou je také šetření baterii. Byly použity LED diody typu L-HLMP-4740, které mají následující parametry:

- úroveň napětí 1,9 V,
- odběrem proudu 0,002 A.

Všechny LED diody jsou spínány přes mikroprocesor k log. „0“. Zde je vypočítána ohmická zátěž, která je zapojena k LED diodám.

$$R = \frac{U_{zdr} - U_{led}}{I} = \frac{5-2}{0.002} = \frac{3}{0.002} = 1500\Omega \quad (7)$$

Kde

U_{zdr} ... napětí zdroje [V]

U_{led} ... napětí LED diody [V]

R ... resistor [Ω]

I ... proud [A]

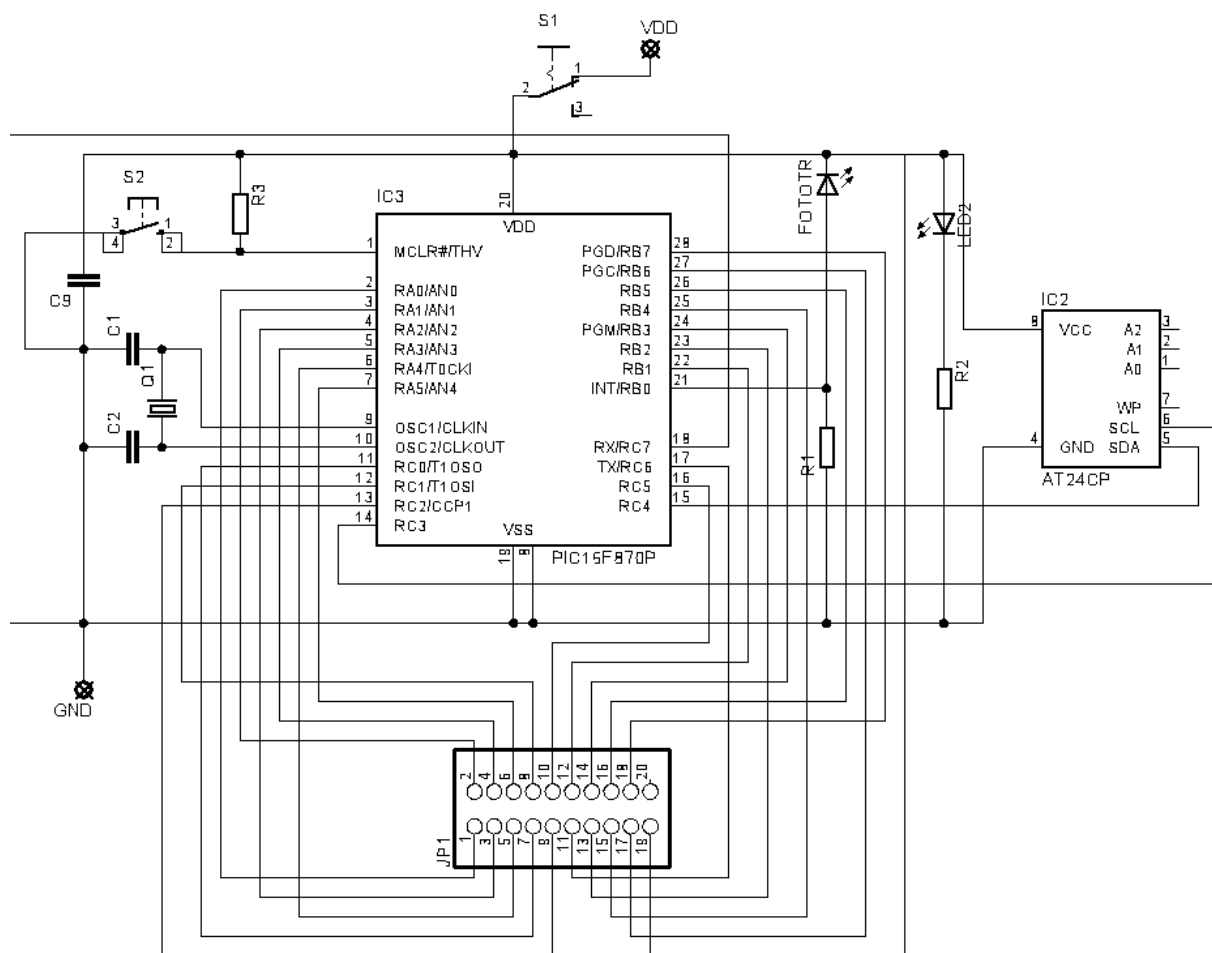
Ve schématu je zahrnuta paměť typu AT24C01, o velikosti 1K (128 x 8). Avšak už při navrhování je počítáno s pamětí, která je obsažena v mikroprocesoru. Tento návrh je zde zakomponován z důvodu nedostatku paměti.

Přerušení zajišťuje fototranzistor přijímající signál z vysílací diody umístěné na desce zajišťující otáčky motoru. Poloha této diody byla taktéž důležitá. Musí být v rovině s diodou vysílací, jinak není zajištěna přímá viditelnost diod. Protože deska hlavní je umístěná na motoru, je jasné, že diody musí na sebe být kolmo v určité poloze mezi lopatkami. Tento fototranzistor není přímo na místě, které bylo pro něj určeno. Má prodloužené vývody a je nastaven do polohy, kde bude plnit svoji funkci.

Uchycení desky LED diod k desce hlavní bylo zajištěno rozlitím větší plochy země v popředí pro připájení distančních sloupků. Při navrhování bylo důležité uchycení této desky na rotor, proto rozlití země ve středu desky bylo podmínkou dobře splněného následujícího kroku, což je kruhové točivé pole. Nekruhové točivé pole je nežádoucí, může zapříčinit vibrace a následně zničení přístroje. Při navrhování desky plošných spojů je dbáno také na objímku baterií, která je vložena mezi konektor RS232 a mikroprocesor. Objímka baterií je uprostřed provrtána a drátem připevněna na hlavní desku. I zde jsou vyvrtané díry. Drátem je spojena objímka z důvodu jednoduché výměny vybitých baterií.

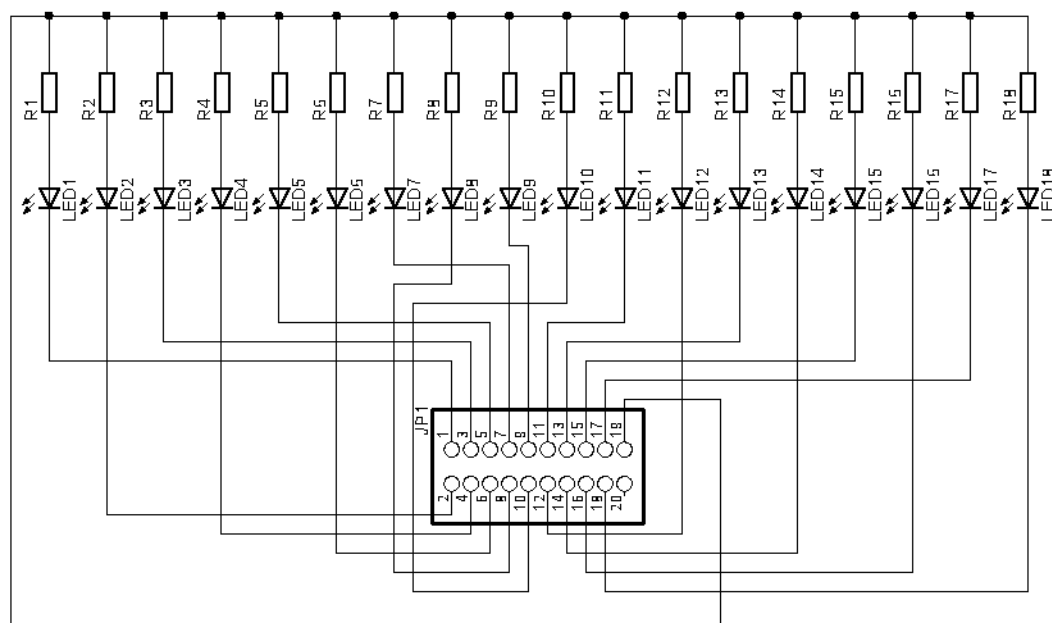
Obvod, který zajišťuje interface mezi PC a mikroprocesorem, je MAX232 [5]. Jde o převodník napětových úrovní ze 12V na 5V. Napájení tohoto obvodu je zajištěno pouze při připojení kabelu, kde napětí je přivedeno ze signálu z počítače. Stabilizátor na plošném spoji poskytuje obvodu stabilizované napětí 5V.

Řízení světelného rotujícího panelu rovnoběžného s osou otáčení



Obr.4: Schéma znázorňující část hlavní desky

Mikroprocesor obsahuje na prvním pinu rezistor a tlačítko S2, které slouží k resetování obvodu. Kondenzátor C9 vyhlazuje vstupní napětí. Dále je zapojena jedna zelená LED dioda, která informuje o zapnutém obvodu. Jde o přímé propojení, nejde o softwarovou záležitost. Fototranzistor slouží k posílání impulsů do mikroprocesoru. Při nečinnosti se na pin RB0 dostane přes rezistor R1 log. úroveň „0“. V opačném případě, kdy je fototranzistor otevřen, je na RB0 log. úroveň „1“. Dále je vyvedeno propojení na paměť AT24C01. Ostatní vývody jsou připojeny na LED diody přes konektor typu MLW20A. Obvod se zapíná do provozu přes spínač S1.



Obr.5: Schéma LED diod

3.2 Realizace hardwarové části

Celá sestava se skládá ze tří plošných spojů, přičemž deska hlavní je kolmo spojena s deskou LED diod. Jedna deska zajišťuje otáčení motoru (vedlejší deska), deska druhá zajišťuje vykreslování obrazců. Tato deska má popisek hlavní deska. Do rotoru motoru byly vyvrtány díry, na které je připevněna hlavní deska.

3.2.1 Řízení otáček motoru

Došlo k vytištění schémat na fólii, připevnění na plošný spoj s foto citlivou vrstvou a nasvícení desky UV světlem. Při výrobě plošných spojů následují chemické úkony, které jsou nutné pro konečný stav vyleptané desky. Základním chemickým materiálem je chlorid železitý (leptá měď). Předtím se však použije striper, který tvoří ochrannou vrstvu při leptání desky. Původní plošný spoj nepracoval správně. Důvod je nejspíše v nedostatečných rozmezích cest, anebo v použití pájecí pasty, která je do určité míry vodivá, když se po pájení neodstraní. Proto bylo schéma vytvořeno na univerzálním plošném spoji běžně dostupném v elektro-obchodech. Zde se neprojevila žádná chyba a obvod začal téměř okamžitě pracovat.

Pro zajištění otáčení světelného panelu byl použit ventilátor z počítače o rozměrech 150x150 mm. Stator je celokovový a rotor z plastu. Takový motor vyhovoval, protože plastový rotor bylo nutné

provrtat a uchytit na něj dřevěný obrobek sloužící jako zvětšení prostoru mezi zemí a kolmým ramenem, které se nesmí dotýkat země.

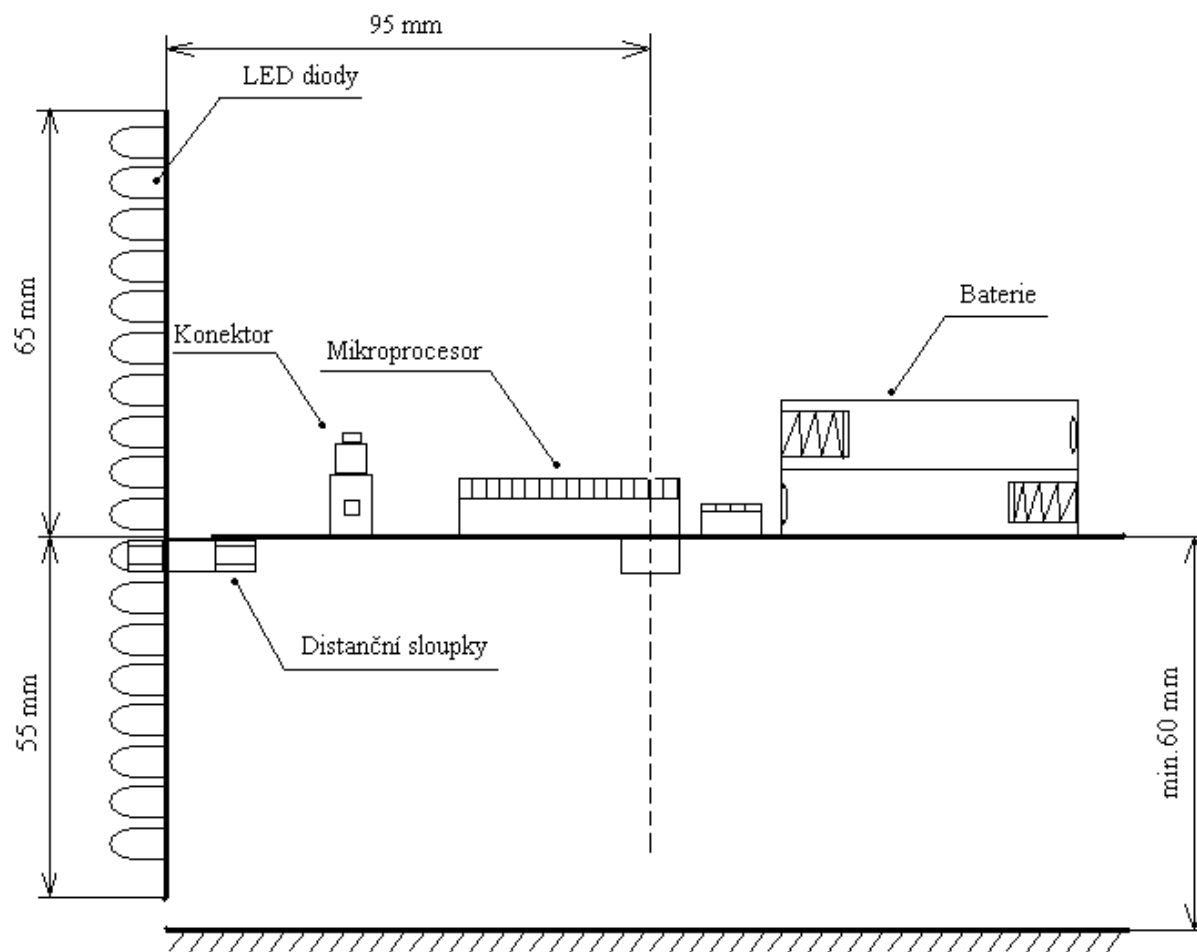
Napájení motoru se přivádí na svorky vedlejší desky. Jako řídicí obvod je zvolen mikroprocesor PIC. Nejčastější napájecí zdroje bývají standardizovány na 12V, proto je zde zařazen stabilizátor na 5V. Pro chod mikroprocesoru je nutné jej připojit k napětí, uzemnit ho, připojit k němu oscilátor parametrizován na 4.33619 MHz. Čtvrtý pin, který má funkci MCLR(Master Clear (Reset) input.), musí být připojen na napájení. Pin musí být zapnutý do log. „1“, při nule se resetuje mikroprocesor [2].

Pro signalizaci je zapojena zelená dioda a infra dioda. Obě trvale svítí. Zelená LED dioda signalizuje funkčnost zapojení, infra dioda slouží jako vysílací, určuje polohu pro hlavní desku s fototranzistorem.

Pro řízení otáček přichází v úvahu PWM, které zapříčiňuje menší ztrátovou energii. Z devátého pinu mikroprocesoru je vyvedena cesta přes odpor na tranzistor. Ten má za úkol zesílit signál. Tranzistor typu IRF630 (MOSFET), parametrizován na 200V a 9A, je použit z důvodu, že jako jediný MOSFET byl zrovna po ruce. Na svorky motoru je zapojena Schottkyho dioda. Při zapnutí PWM signálu indukčnost motoru akumuluje energii ve formě magnetického pole. Po jeho vypnutí má indukčnost tendenci energii vracet do obvodu. Tato energie se v obvodu přemění na napětí, které vytváří napěťové špičky. Proto je dioda zapojena paralelně k motoru, aby nedošlo k poškození koncového tranzistoru.

3.2.2 Řídicí deska

Zde je uplatněno stejného postupu vytváření tištěného spoje, jako u zařízení zajišťující otáčky motoru. Hlavní deska, jak už bylo zmíněno, se skládá ze dvou tištěných spojů. Sdružuje PIC18F242, 4 AAA monočlánky v plastovém pouzdru, MAX232 pro komunikaci s PC, konektor RS232 [6] pro připojení sériového kabelu, připravenou patici pro externí paměť a výstupní konektor na LED diody. Ten je poté připojen na desku kolmou k desce hlavní. Tato deska obsahuje pouze LED diody, před kterými je pro každou diodu předřadný odpor. Uchycení je provedeno pomocí distančních sloupků, na hlavní desku jsou podélně připájeny dva distanční sloupky a na desce vedlejší vyvrtané díry, přes které jsou šrouby obě desky spojeny.



Obr.6: Znáznornění hlavní desky

Zde je řešen problém při připevňování této desky na rotor motoru. Mezi rotor a hlavní desku je vložen kulatý dřevěný obrobek, zajišťující dostatečnou výšku celého tělesa nad zemí. Deska s LED diodami není připojena k hlavní desce přesně uprostřed. Při otáčkách se toto rameno naklání a docházelo ke kontaktu s motorem. Konstrukce musela být zpevněna drátem, který přitáhl obě desky k sobě, aby se komponenty nedotýkaly.

4. Realizace programu pro zobrazení textu a bitmapy

4.1 Programování

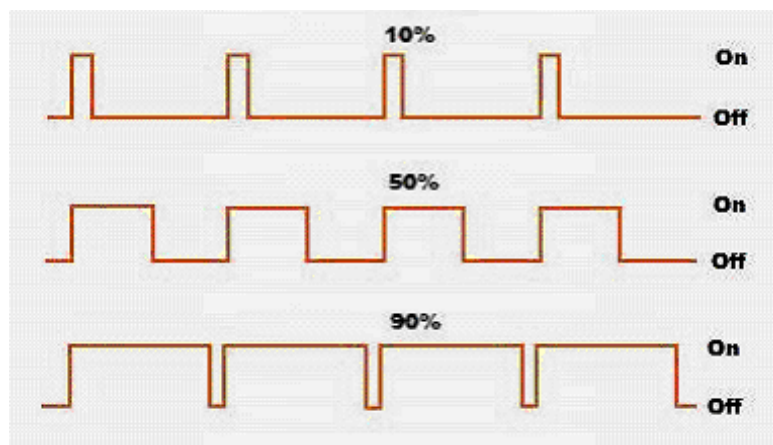
Jako programovací jazyk je zvolen jazyk C. Jeho výhody spočívají například v přenositelnosti programu. Je tedy možnost zvolení i jiného procesoru, který bude vyhovovat svými vlastnostmi. Podpora pro programování mikročipů typu PIC poskytuje mateřská firma Microchip, proto byl využit jejich produkt MPLAB 8. V základním vývojovém prostředí jsou assemblerovský kompilátor, simulátor a linker, které umožňují ladit program přímo v aplikaci. V mém případě bylo důležité zvolit kompilátor HI-TECH C [3].

Problémy se objevily při spuštění mikroprocesoru na hlavní desce. Při programování bylo voleno LVP (Low Voltage Programming), tento způsob nešel použít. Důvod je ve větším počtu programovacích pinů, které jsou potřeba k naprogramování. Tyto piny jsou použity na desce, buď jako I/O vstupy anebo pro jiné účely. Tím se dostalo napětí na vstupy programovacích pinů, tím pádem mikroprocesor byl v režimu programování. LVP je nízkonapěťové programování, lze jej tedy využít pro programování zařízení přímo v obvodu za cenu nepoužívání některých pinů. Proto bylo zvoleno programování HVP (High Voltage Programming), při kterém aplikace fungovala. Mikroprocesor je nutno vytáhnout ze zařízení a naprogramovat zvlášť.

4.2 Program pro vedlejší desku a problematika PWM

4.2.1 PWM

Otáčky motorku jsou zajišťovány pomocí PWM modulace. PWM modulace je dvouhodnotová (diskrétní) modulace pro přenos analogové veličiny. Signál je přenášen střídou. Toto se používá z důvodu nižších ztrát, které výkonový transistor vykazuje při uzavřeném stavu a při plně otevřeném stavu. Při plném sepnutí přes něj teče proud, ale je na něm pouze poměrně nízké saturační napětí, takže ztrátový výkon bude v tomto stavu rovněž nízký, protože při každém zapnutí nebo vypnutí přechází tranzistor přes oblast vysokých ztrát a s frekvencí spínání ztráty rostou. Rozptylová indukčnost motoru se chová jako dolnofrekvenční propust, takže proud a tedy i moment motoru je spojitý.



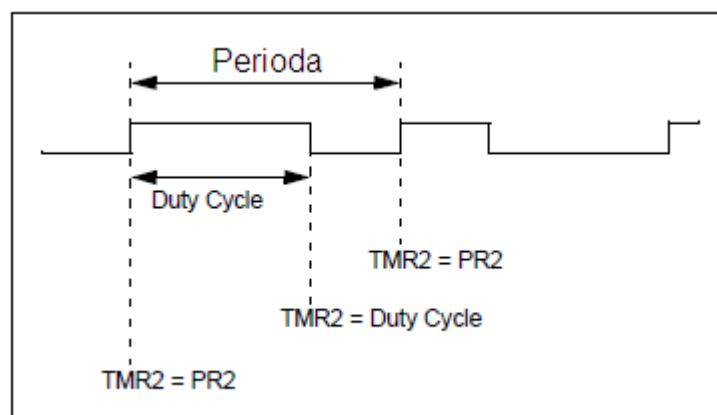
Obr.9: Popis PWM

Principem PWM regulace je změna poměru času, kdy motor běží/neběží. Spínání motoru probíhá s dostatečně vysokou frekvencí, takže chod motoru je díky této vlastnosti plynulý. Pokud je střída v poměru 1:1, pak je výkon motoru přesně poloviční. Zvyšováním střídavy se otáčky motoru zvyšují, snižováním snižují. Výstupní napětí je pak dáno poměrem periody.

4.2.2 Programování vedlejší desky

V mikroprocesoru PIC16F627A bylo nutné nastavit potřebné údaje pro zapnutí PWM. V první řadě tedy nastavení rozlišení PWM s možností až 10 bitů. Časovou základnu určuje registr PR2. Do registru PR2 je tedy zapsána určitá hodnota, která určuje periodu PWM modulace. Další nastavení se týká střídavy (duty cycle), která je nutná nastavit v registru CCPR1L. Následuje nastavení pinu RB3 mikroprocesoru jako pin výstupní. Dalším bodem nastavení je předdělka. Určuje velikost periody, která je nastavena na hodnotu 1. V posledním kroku se zapne Časovač TMR2 a zapne se PWM mód v registru CCP1CON [3].

Hodnota Časovače nesmí být stejná jako hodnota střídavy. To zapříčiní vypnutí modulu PWM a vymazání Časovače. CCPR1L se zapíše do CCPR1H, což je registr, do kterého nelze zapisovat (slouží pouze procesoru při této poruše).



Obr.7: Znázornění PWM v PIC16F627 [3],[7]

PWM perioda se vypočítá jako:

Frekvence oscilátoru: 4.433619 MHz

$$T_{osc} \cong 2.25 * 10^{-7} s$$

$$PWM \text{ Perioda} = (PR2 + 1) * 4 * T_{osc} * \text{Předdělička}_{TMR2} \quad (8)$$

$$PWM \text{ Perioda} = (255 + 1) * 4 * 2.255 * 10^{-7} * 1 [s]$$

$$PWM \text{ Perioda} = 2.3096 * 10^{-4} [s]$$

Frekvence je převrácenou hodnotou periody. Činitel plnění (*PWM duty cycle*) se vypočítá:

$$PWM \text{ duty cycle} = (CCPR1L: CCP1CON < 5: 4 >) * T_{osc} * \text{Předdělička}_{TMR2} \quad (9)$$

$$PWM \text{ duty cycle} = 95 * 2.255 * 10^{-7} * 1 [s]$$

$$PWM \text{ duty cycle} = 2.1427 * 10^{-5} [s]$$

Další programovou částí jsou dvě diody. Zelená dioda plní informativní funkci (funkce chodu programu), druhá dioda plní funkci vysílací jednotky pro synchronizaci spouštění LED diod. Zde došlo k nastavení výstupu TRISA do 0 – nastavení portu jako výstupní. Diody jsou zapojeny z kladné úrovně přes rezistory na mikroprocesor. Proto je zapsáno do PORTA taktéž nula, což v tomto případě znamená nastavení log. „0“.

4.3 Řídicí deska

Program pro řídicí desku obsahuje dvě přerušení, jednu časovou smyčku a hlavní program.

4.3.1 Program Řídicí desky

Mikroprocesor obsahuje mnoho druhů přerušení. Pro stanovení otáček bylo použito přerušení INT0, které jako jediné mimo INT1 a INT2 nerozlišuje, zda jde o přerušení s vyšší prioritou nebo s nižší prioritou. Při přerušení dojde k nastavení příznakového bitu, který se označuje INT0IF v registru INTCON. Druhé přerušení (globální přerušení) se týká přenosu dat z počítače do paměti EEPROM. Tato procedura je o něco složitější oproti čtení z paměti.

- `EEADR=adresa_zapis` Adresa, na kterou se mají data zapsat.
- `EEDATA=RCREG` Z RCREG se zapíší data do EEDATA.
- `WREN=1` Povolení zápisu.
- `RC2=!RC2` Informační LED, která bliká, když dochází k zápisu.
- `EECON2=85 ;` Zapsání hodnoty 55h do registru EECON2.
- `EECON2=170 ;` Zapsání hodnoty AAh do registru EECON2.
- `WR=1 ;` Povolení zápisu. Po provedení se sám vymaže.
- `WREN=0 ;` Zákaz zápisu.
- `EEIF=0 ;` Pokud byla operace úspěšná, bit je v log. „1“.

Není zde rozlišování priorit, avšak při přenosu dat do zařízení dojde k přerušení, ve kterém je během vykonávání programu přerušení zakázáno. Toto zakázání je použito z důvodu správného zapsání do paměti, aby přenášená data nebyla ničím rušena. Jedná se o registr RCREG, který indikuje zaplnění příznakovým bitem RCIF.

Po zapnutí obvodu dojde k základnímu nastavení, které je třeba udělat z důvodu správné funkce všech částí mikroprocesoru. V první řadě se jedná o nastavení přerušení.

- `INT0IE=1 ;` Povolení vnějšího přerušení.
- `PEIE=1 ;` Zapnutí periferních přerušení.
- `GIE=1 ;` Zapnutí globálního přerušení.
- `INTEDG0=1 ;` Nastavení reakce na náběžnou hranu.

Definice I/O

Je také třeba definovat vstupy a výstupy, protože v základním nastavení jsou některé porty nastaveny jako analogové. TRISA, TRISB a TRISC definují, zda jde o vstupní nebo výstupní piny. Např. v TRISB je zapsaná hodnota log. „1“, což znamená, že se jedná o vstupní pin. Na PORTB první bit, který je v log. „0“, definuje rozsvícenou LED diodu. Tímto obvod signalizuje funkčnost zapojení.

- TRISB=0b00000001; „1“ vstup pro INT0.
- PORTB=0b01111110; Svití poslední LED.
- TRISC=0b10000000;
- PORTC=0b11111111;
- ADCON1=0b00000111; První tři bity definují, zda jde o digitální/analogový I/O.
- TRISA=0;
- PORTA=0b11111111;

Definice USART

V případě komunikace s počítačem je zde nastavení těchto registrů.

- SPBRG=12; Baut Rate.
- SYNC=0; Asynchronní mód.
- SPEN=1; Sériový port povolen.
- TXIE=0; Zákaz vysílání.
- TXEN=0; Zákaz vysílání.
- RCIE=1; Povolení USART přijímací přerušení.
- CREN=1; Povolení přijímání.

Za zmínku stojí zdůraznit SPBRG registr, který nastavuje rychlost přenosu. Podle níže uvedeného vzorce je vypočtena hodnota, která je zde zapsaná [8].

Kalkulace Baud Rate

$$\text{Požadovaný Baud Rate} = \frac{f_{osc}}{(64 \cdot (X+1))} \quad (10)$$

Výpočet pro X:

$$X = \left(\frac{\frac{f_{osc}}{\text{Požadovaný Baud Rate}}}{64} \right) - 1$$

$$X = \left(\frac{\frac{8000}{9600}}{64} \right) - 1$$

$$X = [12.028] = 12$$

$$\text{Vypočtený Baud Rate} = \frac{8000000}{(64 \cdot (12+1))} = 9615$$

$$\text{Chyba} = \frac{(\text{Vypočtený Baud Rate} - \text{Požadovaný Baud Rate})}{\text{Požadovaný Baud Rate}} = \frac{(9615 - 9600)}{9600} = 0.16\% \quad (11)$$

Definování EEPROM

EEPGD=0 ;

Přístup do EEPROM paměti.

CFG5=0 ;

Po této proceduře následuje vyčtení paměti do proměnného pole bajt [60]. Zde je uloženo šedesát bajtů, které jsou poté využity pro vykreslení obrazce 16x30. Cyklus FOR zapíše adresu do registru EEADR. Čtení je nutno potvrdit zápisem „1“ do RD (read data). V následujícím kroku jsou data v registru EEDATA.

Následuje cyklus WHILE, který je hlavní částí programu. V něm je podmínka IF, která čeká na příznakový bit „příznak“. Pokud je podmínka splněna, dojde k vykreslování.

LED	Pin	PORT	
1	2	RA0	PORTA
2	3	RA1	
3	4	RA2	
4	5	RA3	
5	6	RA4	
6	7	RA5	
7	11	RC0	PORTC
8	12	RC1	
9*	13	RC2	
10	16	RC5	
11	17	RC6	
12	22	RB1	PORTB
13	23	RB2	
14	24	RB3	
15	25	RB4	
16	26	RB5	
17	27	RB6	
18*	28	RB7	

Tab.3: Rozvržení pinu a LED diod

Symbol (*) znázorňuje nepoužité LED diody při vykreslování z paměti. Šedé zbarvení určuje použité led diody. Devátý pin slouží k informaci, kdy dochází k zaplňování paměti. Osmnáctý pin znázorňuje zapnutí obvodu.

Celkem je k dispozici 18 LED diod. Pro vykreslování obrazců bylo použito 16 LED diod. Zbylé dvě diody jsou informační a to z důvodu lepšího a snadnějšího použití při 8 bitovém přenosu. Informační bit je zvolený na devátém pinu z důvodu lepšího čtení za chodu aplikace. S číslem 18 je složitější pracovat, avšak šel by vyřešit 9 bitovým přenosem a zase by nebyla dostupná žádná informace o chodu aplikace.

Posílání příkazů na porty je řešeno bitovým součinem, bitovým součtem a bitovým posunem. Je třeba rozdělit prvních 8 bitů na PORTA a PORTC.

xxxxxxxx & 11111100

x...data

&...bitový součin

Odstraní se první dva bity a ostatní jsou odeslány na PORTA. Další krok je složitější z důvodu sestavení dat z prvních 8 bitů a z druhých 8 bitů. Proto byla vytvořena pomocná proměnná „pomoc“, do které se uložily data následovně.

```
xxxxxxxx & 11000000
```

x...data

&...bitový součin

Výsledná data jsou uložena v proměnné „pomoc“. Dvě jedničky znamenají bity RC5 a RC6. Poté je tato pomocná proměnná posunuta o jedno místo doprava. Kdyby se tak nestalo, došlo by k záměně RC5 za RC6 a RC6 za RC7 a RC7 není použito pro vykreslování. Následuje bitový součet proměnné „pomoc“ s bitovým součinem zbývajících 2 bitů v prvních osmi bitech.

```
pomoc | (xxxxxxxx & 00000011)
```

x... data

|... bitový součet

Dochází k odeslání této informace na PORTC. Poslední je PORTB, který se dá upravit podobně jako PORTA.

```
xxxxxxxx & 00111111
```

x...data

&...bitový součin

Dojde k posunu doprava a data se odešlou na PORTB. Vše se opakuje třicetkrát a obraz je vykreslen. Mezi těmito úkony se ještě volá zpoždovací smyčka, která určuje dobu rozsvícení LED diod.

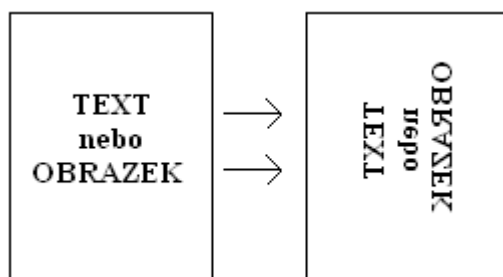
Dále následuje staticky napsaný text (obrazec), který znázorňuje funkčnost zapojení, i když nejsou v paměti zapsána žádná data. Data z paměti se vypisují před tento text. Text obsahuje v prvním řádku „AHOJ“, ve druhém „SVETE“.

5. Realizace software pro nastavení panelu pomocí osobního počítače

Pro komunikaci se zařízením je vytvořen program, který dokáže posílat informace z počítače do hlavní desky. Program je vytvořen v Microsoft Visual Studio 2005 jako Windows aplikace. Po dokončení tento program je jako .exe spustitelný soubor. Lze jej tedy použít na jakémkoliv počítači.

Bylo vytvořeno okno, do kterého se vložily jednotlivé Formy, jako je např. picturebox, textbox a button [4]. Toto okno se nazývá Form1.cs[Design]. Příslušné vlastnosti (oživení) se provádí ve Form1.cs. Po spuštění je v levé části okna vidět nabídka definování a tlačítko „Přenos”.

Pro zobrazení obrázků je napsána podmínka IF s příkazem openFileDialog1, který zajistí otevření okna, ve kterém je možnost vybrání obrázku. Po zvolení se uloží do proměnné obrazek11.Obrázek se zobrazí v picturebox1. Následuje otočení obrázku a také jeho zmenšení na velikosti 30x16, poté je zobrazen v druhém okně, které se nazývá picturebox3.



Obr.8: Otočení obrázku za účelem poslání

Tento způsob otočení je zvolen z důvodu snazšího vyčítání dat v hl. desce. Posílání se uskutečňuje zleva doprava a to po řádcích. To znamená, že vyčítání z paměti bude voláno postupně.

Otáčení je vytvořeno taktéž i u vepsaného textu. Do příslušné kolonky se vepíše text. Následuje proces, který nadefinuje velikost písma, barvu pozadí, barvu písma, font písma a obrázek se uloží pod názvem obrazek.bmp. Poté je nadefinován jako bitmapa, otočen a vložen do stejného okna (picturebox3) [5].

V poslední řadě je nutné tyto data poslat do hlavní desky. Přenos zajišťuje tlačítko „Přenos”. Po zmáčknutí tlačítka se vykoná následující:

- definuje se MemoryStream str,
- obrázek je uložen do str,
- str je pak uložen do buf [4],

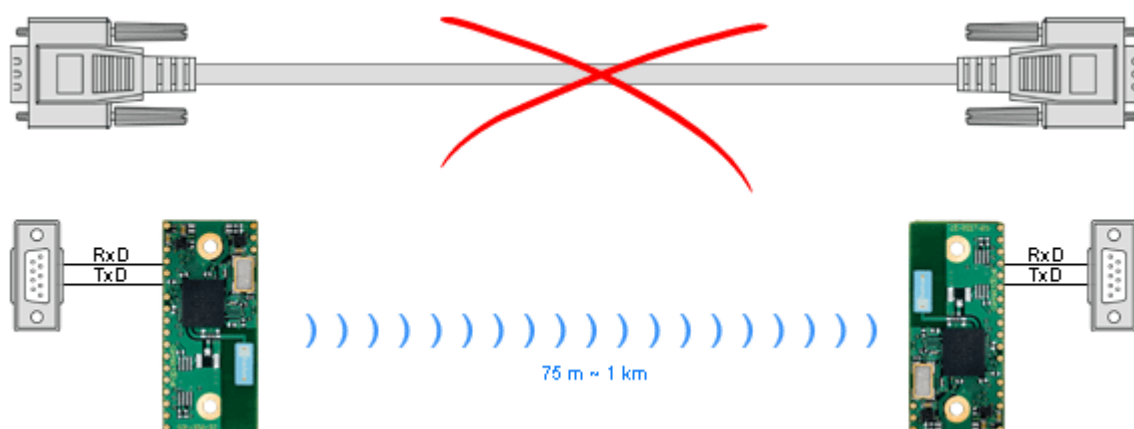
Řízení světelného rotujícího panelu rovnoběžného s osou otáčení

- otevření sériového portu[4],
- odeslání dat,
- zavření sériového portu.

Sériový port je definován tak, aby přistupoval k bufferu. Proto je zde převod str do buf. Tyto procesy jsou ošetřeny výjimkami. Jedna výjimka upozorňuje na nevložený obrázek, výjimka druhá upozorňuje na nepřipojený sériový port.

6. Návrh bezdrátového propojení osobního počítače a světelného panelu

Zařízení lze propojit pomocí kabelu RS232, je však možné toto propojení nahradit bezdrátovým zařízením. Bezdrátovým přenosem dat je možné flexibilně komunikovat s připojeným zařízením. Zrychlí se čas konfigurace zařízení a nemusí se aplikace vypínat, tj. dochází k nastavování za chodu aplikace.



Obr.9: Bezdrátové propojení [9]

6.1 Bezdrátová RS232 Bluetooth náhrada sériového kabelu

V této kategorii je několik variant Bluetooth hardwaru, celkem je možnost si vybrat ze šesti modelů s podobnými parametry. Ceny se pohybují od cca 610 Kč až po 3000Kč. Nejlevnější typy neobsahují převodníky MAX232, avšak tento obvod je implementován na hlavní desce používaným RS232 kabelem. Protože napájení obvodu je vyřešeno pomocí 12V přivedených přes kabel z počítače, je nutné napájet bezdrátový modul z baterií obsažených na desce. Výhoda je v nestabilizovaném napájení tohoto obvodu, kde se napájecí napětí pohybuje od 3,00 do 6,00V. Takže jednoduchým přivedením napětí je tento problém vyřešen a není třeba integrovat další součástky. Poté stačí jeden modul připevnit k desce hlavní, která vykonává vykreslování obrazců. Je třeba znovu dbát na správné upevnění a dobré vyvážení celé komponenty.

Druhý modul je nutno zvolit takový, který už má zabudovaný převodník. Stačí připojit, provést nastavení zařízení jedno jako Klient a druhé jako Server. Podrobný návod lze najít na stránkách výrobce [9]. Všechny moduly mají přímo vyvedené signály TxD, RxD, DTR, CTS, DSR a RTS v logických úrovních 3,3V. U tohoto zařízení lze navíc definovat rychlost od 300 bps do 921,6 kbps, počet stopbitů, paritu a flow control.

Dosah v případě Bluetooth modulů záleží hlavně na typu antény. Co se týče malých prutových antén, dosah se odhaduje do 100m. Záleží také na zvrásnění terénu a na zarušení používané frekvence. Bluetooth používá frekvenci 2,4 GHz, na této frekvenci je také WIFI vysílání. To znamená, že tohle pásmo je hojně využívané. Dosah se tedy zmenšuje v závislosti na počtu vysílačů.

6.2 Bezdrátová RS232 WiFi náhrada sériového kabelu

V této kategorii jsou nabízeny dva moduly OWSPA311g a OWLAN211g. Rozdílů mezi těmito výrobky je mnoho. Některé obsahují USART převodníky, které jsou pro naše zapojení vhodné, jde tedy o implementovaný MAX232.

Při použití WLAN (WiFi) modulu se jednoduše nastaví parametry bezdrátové sítě (SSID, zabezpečení apod.). Manuál pro správné nastavení komunikace je k dispozici na stránkách výrobce [9]. Dosah tohoto řešení záleží na výkonu vysílače, anténě apod. Propojení mezi počítačem a řídicím zařízením je obdobné jako u zařízení bluetooth.

7. Závěr a zhodnocení dosažených výsledku

Cílem byla realizace řízení světelného rotujícího panelu rovnoběžného s osou otáčení. Konkrétně bylo v rámci této práce vytvořeno zařízení o třech elektronických deskách. Deska hlavní, která je kolmo spojena s deskou LED diod, plní funkci zobrazování. Poslední, třetí deska (deska vedlejší), řídí motor pomocí PWM modulace a zároveň poskytuje výchozí bod pro hlavní desku, od které se odvíjí zobrazování. Zde je rozsvícená infra dioda, která stále svítí. Hlavní deska při otáčení pomocí fototranzistoru zjišťuje tento výchozí bod.

V mikroprocesoru je nahraný program, který umožňuje vykreslování na LED diody. Pro stabilní zobrazování obrazců. Je zde programově vyřešeno přerušení, které dává signál pro začátek vykreslování. Jde tedy o určitý start, při kterém se vykreslí data a poté se čeká na další signál. Zbývající čas tím pádem není zajímavý.

Posílání dat do rotujícího panelu je zajištěno pomocí sériové linky. Zde je zapojen převodník MAX232, který převádí úroveň napětí z RS232 na TTL logiku. Data jsou posílána z počítače, kde byla vytvořena aplikace pro přenos obrázků a textů. Obrázky a data jsou otočeny a překlopeny pro zpříjemnění další práce s nimi. Potřebné vyčtené data jsou potom ve stejném sledu, jako je vyčítání z paměti.

V pořadí druhé a poslední přerušení se stará o přenos dat ze sériové linky do paměti EEPROM. Po zapnutí aplikace se tyto data nahrají do proměnných, kde se upraví. Úprava spočívá v použití logických operací, jako je logický součin a logický součet. Příchozí data totiž přichází po osmi bitech. Prvních osm bitů tedy patří na PORTA, mimo poslední dva bity, které se musí odeslat na PORTC. Je udělán logický součin prvních osmi bitů s maskou, která je v tomhle případě 11111100. Poté je negovaný výsledek odeslán na PORTA. Negace je zde použita z důvodu, že všechny LED diody jsou spínány k log. „0“. Kdyby se tak nestalo, docházelo by k vykreslování pozadí. Ostatní odesílání informací na porty je vymyšleno podobně s výjimkou, která je na PORTC, kde se skládají informace ze šestnácti bitů. Za použití proměnné se problém vyřešil.

V posledním bodě jsem navrhoval bezdrátové propojení. Zde je na výběr ze dvou technologií. Jedno je bluetooth, kde je výběr ze šesti modelů a druhá technologie je WIFI se dvěma modely. Všechny produkty mají sériovou linku, to znamená, že jednoduchým spojením a jednoduchým nastavením je možné moduly oživit.

Je nutná úprava programu pro hl. desku za použití bezdrátového přenosu. Dosavadní program je postaven na přerušení bez priority. To by při otáčení nedokázalo přijímat data bez chyb, protože přerušení využívá i příznak pro vykreslování obrazců. Druhý problém nastane s přerušením INTO,

které je bezprioritní. Řešení je v úpravě programu a návrhu, kdy pro přenos dat se nastaví vysoká priorita a otáčkám nízká priorita. Poté by mělo vše fungovat.

Tento vytvořený rotující systém je dále možno rozvíjet:

- větším počtem LED diod, které zvětší zobrazovaný prostor,
- zvětšením paměti, pro uchování více informací,
- doplnění o různé efekty, jako je výměna zobrazených dat po určité době.

Dosáhl jsem určitého porozumění, co se týče mikroprocesoru a jeho produktových řad, jako je PIC16 a PIC18. Naučil jsem se programovat a používat jazyk C pro tyto produkty. Přínosem mi bylo prakticky vše, co jsem v práci vytvořil.

8. Literatura

- [1] Hrbáček, J.: Moderní učebnice programování PIC, 1. díl, Praha 2004. ISBN 80-7300-136-5
- [2] Hrbáček, J.: Komunikace mikrokontroléru s okolím, 1. díl, Praha 1999, ISBN 80-86056-36-8
- [3] Jahelka, M.: Programování jednočipových mikropočítačů PIC,
Ostrava 2008. ISBN 978-80-248-1695-1
- [4] Pírk, J.: Řešené příklady v C#. KOPP, České Budějovice 2005. ISBN 80-7232-265-6
- [5] Virius, M.: C# Hotová řešení. Computer Press, Praha 2006. ISBN 80-251-1084-2
- [6] www.hw.cz
- [7] www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010207
- [8] www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010269
- [9] www.spezial.cz/connectblue/bezdratova-bluetooth-seriova-linka-rs232.html

9. Seznam příloh

PŘÍLOHA I	-	Blokové schéma hlavní desky
PŘÍLOHA II	-	Vývojový diagram
PŘÍLOHA III	-	Seznam použitých součástek
PŘÍLOHA IV	-	Schéma plošného spoje hlavní desky
PŘÍLOHA V	-	Schéma plošného spoje LED diod
PŘÍLOHA VI	-	Blokové schéma PWM desky
PŘÍLOHA VII	-	Seznam použitých součástek pro vedlejší desku
PŘÍLOHA VIII	-	Program PWM pro vedlejší desku
PŘÍLOHA IX	-	Část programu pro hl. desku
PŘÍLOHA X	-	Část kódu z počítačového softwaru
PŘÍLOHA XI	-	Obrázek spuštěné počítačové aplikace
PŘÍLOHA XII	-	Sejmutý obrázek PWM z osciloskopu
PŘÍLOHA XIII	-	Obrázek celé konstrukce
PŘÍLOHA XIV	-	Obrázek PWM desky
PŘÍLOHA XV	-	Pohled shora
PŘÍLOHA XVI	-	Zapnutý systém